

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005年7月28日 (28.07.2005)

PCT

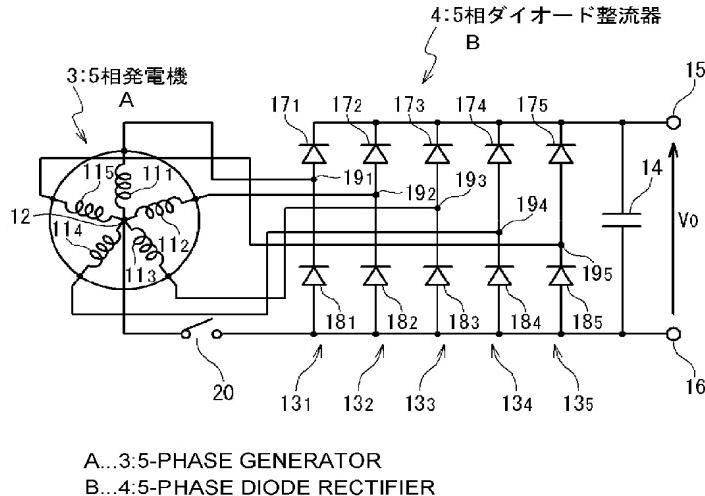
(10) 国際公開番号
WO 2005/068244 A1

- (51) 国際特許分類⁷: B60L 11/12, B60K 6/04, F02D 29/06, 45/00, H02K 21/14
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000189
- (22) 国際出願日: 2005年1月11日 (11.01.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-006047 2004年1月13日 (13.01.2004) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱重工業株式会社 (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1088215 東京都港区港南二丁目16番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 藤原謙二 (FUJIWARA, Kenji) [JP/JP]; 〒6520854 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内 Hyogo (JP). 小暮孝敏 (KOGURE, Takatoshi) [JP/JP]; 〒6520854 兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社神戸造船所内 Hyogo (JP). 馬場功 (BABA, Tutomu) [JP/JP]; 〒6520863 兵庫県神戸市兵庫区和田宮通七丁目1番14号 西菱エンジニアリング株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 工藤実 (KUDOH, Minoru); 〒1400013 東京都品川区南大井六丁目24番10号カドヤビル6階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: SERIES HYBRID ELECTRIC VEHICLE

(54) 発明の名称: シリーズハイブリッド電気自動車



A...3:5-PHASE GENERATOR
B...4:5-PHASE DIODE RECTIFIER

WO 2005/068244 A1

(57) Abstract: There is provided a technique for improving the efficiency of a generation system of a series hybrid electric vehicle. The series hybrid electric vehicle includes: an engine; an n-phase generator driven by the engine; a rectifier for generating DC voltage from n-phase AC voltage received from the n-phase generator; a battery charged by the DC voltage generated; a motor for driving drive wheels; an inverter for driving the motor by using DC voltage supplied from the rectifier and/or DC voltage supplied from the battery; and a switch. The n-phase generator has n armature windings each having one end connected to a common neutral point. The rectifier has a cathode terminal, an anode terminal where a higher potential is generated than at the cathode terminal, and n rectifier arms. Each of the n rectifier arms has: a first diode connected between an intermediate node connected to the other end of the armature windings and the cathode terminal; and a second diode connected between the intermediate node and the anode terminal. The switch is connected between the neutral point and the cathode terminal.

(57) 要約: 本発明は、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系の効率を向上するための技術を提供する。本発明によるシリーズハイブリッド電気自動車は、エンジンと、エンジンによって駆動されるn相発電機と、n相発電機から送られるn相交流電圧から直流電圧を生成する整流器と、生成された直流電圧

[続葉有]



- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,

BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイド」を参照。

によって充電されるバッテリーと、駆動輪を駆動するモータと、整流器から供給される直流電圧、及び／又はバッテリーから供給される直流電圧を用いてモータを駆動するインバータと、スイッチとを含む。n相発電機は、それらの一端が共通の中性点に接続されたn個の電機子巻線を備えている。整流器は、負極端子と、負極端子よりも高い電位が発生される正極端子と、n本の整流アームとを備えている。n本の整流アームのそれぞれは、電機子巻線の他端に接続された中間ノードと負極端子との間に接続された第1ダイオードと、中間ノードと正極端子との間に接続された第2ダイオードとを備えている。スイッチは、中性点と負極端子との間に接続されている。

明細書

シリーズハイブリッド電気自動車

技術分野

[0001] 本発明は、シリーズハイブリッド電気自動車に関し、特に、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率を向上するための技術に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特開平4-322105号公報に開示されているように、シリーズハイブリッド電気自動車とは、エンジンによって発電機を駆動し、該発電機からモータに電力を供給し、該モータで駆動輪を駆動する電気自動車である。パラレルハイブリッド電気自動車とは異なり、シリーズハイブリッド電気自動車では、エンジンは発電に専用に使用され、エンジンが発生した動力は機械的には駆動輪に伝達されない。

[0003] シリーズハイブリッド電気自動車の利点は、その理想的なエネルギー効率が高いことである。パラレルハイブリッド電気自動車は、エンジンとモータとの両方が機械的に駆動輪に接続されているため、その動力伝達機構が複雑である。複雑な動力伝達機構は、エネルギーの損失の原因となり得る。一方、シリーズハイブリッド電気自動車は、その動力伝達機構を単純化できる。動力伝達機構の単純化は、損失を最小に抑え、且つ、その重量を低減するために有効である。ゆえに、理想的なエネルギー効率という観点からは、シリーズハイブリッド電気自動車の方が優れている。

[0004] 上記のような利点を生かすためには、シリーズハイブリッド電気自動車は、そのエネルギー効率が究極的に向上される必要がある。エネルギー効率を低下させる機構の採用は、シリーズハイブリッド電気自動車の利点を失わせるため好ましくない。

[0005] シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率の向上における第1のポイントは、発電系における損失である。発電系は、一般に、発電機と、該発電機が発生した交流電圧を直流電圧に変換するインバータとからなる。インバータは、スイッチングトランジスタで構成されるため、ある程度の損失が発生することは回避しがたい。典型的には、インバータの損失は、5%程度である。しかし、エネルギー効率が重視されるシ

リーズハイブリ

ッド電気自動車では、インバータにおける5%の損失の発生は、重大な意味を持つて
いる。

- [0006] 第2のポイントは、駆動系の高効率化である。高いエネルギー効率が求められるシリ
ーズハイブリッド電気自動車では、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構
において発生する損失も無視できない。シリーズハイブリッド電気自動車は、トラン
スマッショナム機構及びディファレンシャル機構における損失を回避できる駆動系を採用
することが求められる。
- [0007] したがって、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率の向上、より具体的
には、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系及び駆動系の効率を一層に向上す
る技術を提供することには必要性が存在する。

発明の開示

- [0008] 本発明の目的は、全体としては、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効
率を向上することにある。

詳細には、本発明の一の目的は、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系のエネ
ルギー効率を向上することにある。

本発明の他の目的は、シリーズハイブリッド電気自動車の駆動系のエネルギー効
率を向上することにある。

- [0009] 本発明の一の観点において、シリーズハイブリッド電気自動車は、エンジンと、エン
ジンによって駆動されるn相発電機と、n相発電機から送られるn相交流電圧から直流
電圧を生成する整流器と、生成された直流電圧によって充電されるバッテリーと、駆
動輪を駆動するモータと、整流器から供給される直流電圧、及び／又はバッテリーか
ら供給される直流電圧を用いてモータを駆動するインバータと、スイッチとを含む。n
相発電機は、それらの一端が共通の中性点に接続されたn個の電機子巻線を備えて
いる。整流器は、負極端子と、負極端子よりも高い電位が発生される正極端子と、n
本の整流アームとを備えている。n本の整流アームのそれぞれは、電機子巻線の他
端に接続された中間ノードと負極端子との間に接続された第1ダイオードと、中間ノ
ードと正極端子との間に接続された第2ダイオードとを具えている。スイッチは、中性

点と負極端子との間に接続されている。

- [0010] 当該シリーズハイブリッド電気自動車では, n相発電機が発生した交流電圧を直流電圧に変換するために, インバータではなく, 整流器が使用される。整流器は, インバータよりも高い変換効率を有しているから, 整流器の使用は, シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率を有效地向上する。
- [0011] ただし, 整流器は, その出力電圧を制御する機能を有していないから, 整流器の使用は, エンジンの出力が大きくなったときに, 整流器の出力電圧, 即ち, バッテリーに印加される直流電圧の増大を招き得る。バッテリーに印加される直流電圧が過剰に高くなることは, バッテリーの劣化を招き得る。しかし, 上記のシリーズハイブリッド電気自動車では, 中性点と負極端子との間にスイッチを設けることにより, 整流器の出力電圧を制御可能である。
- [0012] 具体的には, スイッチは, エンジンの回転数に応答して, 中性点と負極端子とを電気的に接続し, 又は切り離す。好適には, スイッチは, エンジンの回転数が増加して第1回転数より高い第2回転数においては, 中性点と負極端子とを電気的に接続する。エンジンの回転数が減少して, 第2回転数よりも小さい第1回転数になったとき, 前記スイッチは, 中性点と負極端子とを電気的に開放する。これにより, エンジンの回転数が増加したときに, 整流器の出力電圧が高くなりすぎることが防がれる。
- [0013] 発電機及び整流器の相数が3である場合には, スイッチを設ける代わりに, 3相発電機の電機子巻線の結線をスター結線とデルタ結線との間で切り替えるスター・デルタ切り替え機構が使用され得る。具体的には, スター・デルタ切り替え機構は, エンジンの回転数に応答して, 電機子巻線を, スター結線とデルタ結線とのうちの一方の結線態様で接続する。好適には, スター・デルタ切り替え機構は, エンジンの回転数が増加して第1回転数より高い第2回転数においては, 電機子巻線をデルタ結線で接続する。且つ, エンジンの回転数が減少して前記第1回転数よりも小さい第2回転数になったとき, 電機子巻線をスター結線で接続する。これにより, エンジンの回転数が増加したときに, 整流器の出力電圧が高くなりすぎることが防がれる。
- [0014] 上述のシリーズハイブリッド電気自動車は, モータが複数用意されて, モータが駆動輪をそれぞれに駆動する駆動系を採用することが好適である。かかる構成を有す

る駆動系は、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構を不要化し、その効率を高くすることができる。しかし、上記の構成を採用するためには、モータは、小型、且つ、出力トルクが大きいということを要求される。この要求を満足するためには、モータのそれぞれは、下記構成を有するIPMモータであることが好適である；当該IPMモータは、駆動輪に連結されたロータと、同一円周上に等間隔に配置された複数のスロットを有するステータとを備え、ロータは、ロータ鉄心と、界磁を構成する永久磁石とを含む。ロータは、ステータに対向するロータ側面を有し、永久磁石は、ロータの半径方向の外側に磁極面を有している。永久磁石は、ロータに浅く埋め込まれている。即ち、永久磁石の磁極面の上の点からロータ側面の距離の最大値xは、ロータ鉄心の半径rと、界磁の極数 n_1 とを用いて表された下記式：

$$x \leq D / 10,$$

$$D = 2\pi r / n_1,$$

を満足するように調整されている。かかる構成を有するIPMモータは、小型、且つ、出力トルクが大きいという要求を満足し、モータが駆動輪をそれぞれに駆動する上記の駆動系の採用を可能にする。

[0015] 本発明により、シリーズハイブリッド電気自動車の発電系及び／又は駆動系の効率が向上され、シリーズハイブリッド電気自動車のエネルギー効率が向上される。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明による実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車を示す。

[図2]図2は、実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車の5相発電機及び5相ダイオード整流器の構成を示す回路図である。

[図3]図3は、実施の第1形態のシリーズハイブリッド電気自動車の駆動系に好適なIPMモータの構成を示す。

[図4]図4は、図3のIPMモータのロータの拡大図である。

[図5]図5は、本発明による実施の第2形態のシリーズハイブリッド電気自動車を示す。

[図6]図6は、実施の第2形態のシリーズハイブリッド電気自動車の3相発電機の構成

を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0017] 実施の第1形態：

本発明の実施の第1形態では、図1に示されているように、シリーズハイブリッド電気自動車1は、エンジン2と5相発電機3と5相ダイオード整流器4とバッテリー5とを備えている。エンジン2の回転数は制御装置(図示されない)によって制御される。エンジン2は、5相発電機3に接続されている。5相発電機3は、エンジン2によって駆動されて5相交流電圧を発生し、発生した5相交流電圧を5相ダイオード整流器4に供給する。5相ダイオード整流器4は、5相交流電圧を整流して直流電圧を発生する。バッテリー5は、5相ダイオード整流器4が発生する直流電圧によって充電される。

[0018] シリーズハイブリッド電気自動車1は、更に、駆動インバータ6とモータ7と減速ギア8と駆動輪9とを備えている。駆動インバータ6は、5相ダイオード整流器4及び／又はバッテリー5から供給される直流電力から多相電力を生成する。モータ7は、生成された多相電力によって駆動されて動力を発生する。発生された動力は、減速ギア8を介して駆動輪9に伝達される。

[0019] (発電系の構成)

図2は、5相発電機3と5相ダイオード整流器4との構成を示す概略図である。5相発電機3は、エンジン2に連結されたロータ(図示されない)と、5つの電機子巻線 11_1 ～ 11_5 が設けられたステータとを備えている。電機子巻線 11_1 ～ 11_5 の一端は、中性点 1_2 に接続されている。5相ダイオード整流器4は、5つの整流アーム 13_1 ～ 13_5 を備えた5相全波整流回路である。 5 つの整流アーム 13_1 ～ 13_5 は、正極端子 15 と負極端子 16 との間に並列に接続されている。正極端子 15 と負極端子 16 との間に、直流の出力電圧 V_o が生成され、生成された出力電圧 V_o が、バッテリー5及び駆動用インバータ6に供給される。出力電圧 V_o を安定化するために、正極端子 15 と負極端子 16 との間には平滑キャパシタ14が接続されている。各整流アーム 13_i は、直列に接続された2つのダイオード 17_i 、 18_i を備えている。ダイオード 17_i のカソードは正極端子 15 に接続され、アノードは中間ノード 19_i に接続されている。ダイオード 18_i のカソードは中間ノード 19_i に接続され、アノードは、負極端子 16 に接続されている。各整流アーム 13_i

の中間ノード 19_i は、電機子巻線 11_i の他端(中性点 12 と反対の端)に接続されている。

- [0020] 5相発電機 3 の中性点 12 と5相ダイオード整流器 4 の負極端子 16 との間には、短絡スイッチ 20 が設けられている。短絡スイッチ 20 がターンオンされると、中性点 12 は、負極端子 16 に電気的に短絡される。
- [0021] 本実施の形態のシリアルハイブリッド電気自動車の一つの特徴は、5相ダイオード整流器 4 を使用することによって、スイッチングトランジスタで構成されたインバータを排除していることにある。既述の通り、スイッチングトランジスタで構成されたインバータは、典型的には、5%の損失を有している。しかし、整流器の損失はインバータの損失よりも小さいから、整流器の使用を使用することにより、発電系の効率を有效地向上することができる。5相ダイオード整流器では、通常、99%の効率が得られる。
- [0022] しかし、5相ダイオード整流器 4 自体には、出力電圧 V_o を調整する機能はない。これは、バッテリー 5 を充電する上で問題となり得る。シリアルハイブリッド電気自動車の速度を上げるためにエンジン 2 の回転数が上昇されると、5相ダイオード整流器 4 の出力電圧 V_o も増加する。出力電圧 V_o が過度に上昇すると、バッテリー 5 が過充電され、バッテリー 5 の劣化を招き得る。
- [0023] 出力電圧 V_o の過剰な上昇を防ぐために、既述の短絡スイッチ 20 は、エンジン 2 の回転数の上昇に応答してターンオンされる。短絡スイッチ 20 は、エンジン 2 の回転数が所定の第1回転数 n_1 を超えるとターンオンされ、中性点 12 と負極端子 16 とを電気的に短絡する。中性点 12 と負極端子 16 とが短絡されると、5相ダイオード整流器 4 は、5相全波整流回路として動作する状態から、5相半波整流回路として動作する状態に切り替えられる。これにより、出力電圧 V_o が低下される。
- [0024] より好適には、短絡スイッチ 20 のターンオンは、以下の手順で行われる；エンジン 2 の回転数が低いときには、短絡スイッチ 20 はターンオフされている。エンジン 2 の回転数を制御する制御装置によってエンジン 2 の回転数が第1回転数 n_1 を超えるようとすることが検知されると、エンジン 2 の回転数は、制御装置によって第2回転数 n_3 まで減少される。この結果、5相発電機 3 の出力電圧は、バッテリー 5 の電圧より低下される。これにより、5相発電機 3 からバッテリー 5 及び駆動用インバータ 6 に、5相発電機 3 か

ら電力が供給されなくなる。このときには、駆動用インバータ6にはバッテリー5のみから電力が供給され、モータ7は、バッテリー5からの電力で駆動される。続いて、短絡スイッチ20がターンオンされ、更に、制御装置により、エンジン2の回転数が、第1回転数 n_1 を超えて第2回転数 $n_2 (> n_1)$ まで増加される。この後、5相発電機3は、再度、バッテリー5及び駆動用インバータ6に電力を供給する。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。

[0025] 一方、制御装置によってエンジン2の回転数が第2回転数 n_2 から減少して第1回転数 n_1 になろうとすることが検知されると、エンジン2の回転数は、第1回転数 n_1 よりも低い第4回転数 n_4 まで下げられる。続いて、短絡スイッチ20が、ターンオフされ、中性点12と負極端子16とが電気的に切り離される。中性点12と負極端子16とが切り離されることにより、5相ダイオード整流器4は、元の通り、5相全波整流器として機能するようになる。この後、制御装置により、エンジン2の回転数は、第4回転数 n_4 から第1回転数 n_1 に増加される。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。また、短絡スイッチ20がバッテリー5、および駆動用インバータ6に電力を供給する間にターンオフされることではなくなり、短絡スイッチ20には、遮断電流能力が必要なくなる。これは、短絡スイッチ20の小型化の点で好適である。また、短絡スイッチ20が電力を遮断することができないため、短絡スイッチ20の高寿命化を図ることができる。

[0026] 以上に説明されているように、本実施の形態の発電系では、インバータの代わりに5相ダイオード整流器4が使用され、これにより、エネルギー効率が向上されている。5相ダイオード整流器4が、その出力電圧 V_o の調整機能を有しないという問題は、短絡スイッチ20を設けることによって回避されている。

[0027] 本実施の形態において、5相発電機4及び5相ダイオード整流器5の代わりに、他の相数の発電機及びダイオード整流器、例えば、3相発電機、及び3相ダイオード整流器が使用され得る。ただし、5相発電機4及び5相ダイオード整流器5の使用は、エネルギー効率の向上のために有効である。

[0028] (駆動系の構成)

図1に示されているように、本実施の形態では、駆動インバータ6とモータ7と減速ギ

ア8とは、一の駆動輪9に対して一つずつ用意されている。モータ7の回転数は、当該シリーズハイブリッド電気自動車1が所望の速度で、所望の進行方向に走行するよう決定される。かかる構成は、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構を不要化し、エネルギー効率を向上するために有効である。

- [0029] 図1の構成を採用する上で要求されることは、モータ7が小型でありながら、その出力が充分に大きい必要があることである。自動車に求められる走行性能を達成するためには、モータ7は、充分に大きな出力を有していなくてはならない。しかし、シリーズハイブリッド電気自動車1では、モータ7を搭載するために用意されている空間は大きくなきから、小型のモータ7しか搭載できない。モータ7は、これらの相反する要求を満足しなければならない。複数のモータ7が必要な図1の構成においては、モータ7の小型化は極めて重要である。
- [0030] かかる要求を満足するためには、モータ7として、図3に示されている5相IPMモータが使用されることが好適である。5相のIPMモータ7は、ステータ31とロータ32とを備えている。
- [0031] ステータ31は、電機子歯33を含む。電機子歯33は、同一円周上に等間隔に配置されている。隣接する2つの電機子歯33の間には、スロット34が形成されている。スロット34は、同一円周上に等間隔に配置されることになる。本実施の形態では、スロットの数 n_2 は、20である。電機子歯33のそれぞれには、電機子コイル35が巻かれている。ステータ31の内側に回転磁界を発生するために、電機子コイル35には、5相の電機子電流が供給される。
- [0032] ロータ32は、シャフト36とロータ鉄心37とを含む。シャフト36は、図示されない軸受によって回転可能に支持されている。シャフト36は、上述の減速ギア8に接続されている。ロータ鉄心37は、シャフト36に固定的に接合され、シャフト36と同体に回転する。ロータ鉄心37は、珪素鋼板のような磁性材料で形成されている。
- [0033] ロータ鉄心37には、界磁磁石38が挿入されている。界磁磁石38のそれぞれは、ロータ32の界磁の一極を構成し、ロータ32の半径方向に磁力線を発生する。隣接す

る2つの界磁磁石38は、互いに逆の方向の磁力線を発生する、即ち、隣接する2つの界磁磁石38の極性は逆である。本実施の形態では、界磁磁石38の数、即ち、界磁の極数 n_1 は22である。

- [0034] 図4に示されているように、界磁磁石38のそれぞれは、ロータ32の円周方向に並んで同一極性を有する2つの永久磁石39、40から構成されている。即ち、界磁の一極は、2つの永久磁石39、40から構成されている。永久磁石39、40は、ロータ32の半径方向の外側に磁極面39a、40aを有し、半径方向の内側に磁極面39b、40bを有する。永久磁石39、40が発生する磁力線は、磁極面39a、39b、40a、40bから半径方向に放射される。一の界磁磁石38に含まれる一組の永久磁石39、40は、同一の方向に磁力線を発生する、即ち、同一の極性を有する。なお、一極の界磁磁石38を構成する永久磁石の数は、2個には限定されない；1個又は、3個以上であることも可能である。
- [0035] ロータ鉄心37には、永久磁石39、40の半径方向外側に位置する部分17a(磁力線誘導部分37a)が設けられる。この磁力線誘導部分37aの存在は、リラクタンストルクを発生させ、更に、弱め界磁制御を可能にする点で重要である。磁力線誘導部分37aの体積は、所望のリラクタンストルクが得られるように、且つ、弱め界磁制御が可能であるように選ばれる。
- [0036] 一般的なIPMモータとは異なり、図3のIPMモータ7では、永久磁石39、40のロータ側面32aからの埋め込み深さ(即ち、半径方向外側の磁極面39a、40aの上の点からロータ側面32aへの距離)が浅い。定量的に表現すれば、永久磁石39、40は、ロータ32の半径rと極数 n_1 とを用いて、その埋め込み深さの最大値xが、下記式：
- $$x \leq D / 10,$$
- $$D = 2\pi r / n_1,$$
- を満足するような浅い位置に埋め込まれる。
- [0037] 埋め込み深さが浅いことは、IPMモータ7から出力される出力トルクのうち、マグネットトルクの成分の割合を増大させる。図3のIPMモータ7は、一般的なIPMモータとは異なり、マグネットトルクがIPMモータ7の出力トルクの主成分であり、リラクタンストルクは、補助的な成分である。

- [0038] 永久磁石39, 40の埋め込み深さが浅いことは、IPMモータ7の体積あたりの出力トルクを大きくするために重要である。永久磁石39, 40の埋め込み深さが浅いことは、横軸インダクタンスを低減させる。一般には、横軸インダクタンスの低減は、IPMモータの出力トルクを減少させるように思われるかもしれない。しかし、永久磁石39, 40の埋め込み深さが浅い場合には、これは正しくない。埋め込み深さが浅いことは、IPMモータ7の出力トルクのうちマグネットトルクによる成分が、リラクタンストルクによる成分よりも大きいことを意味する。このような場合、横軸インダクタンスの低減によるリラクタンストルクの減少の効果よりも、横軸インダクタンスの低減によって電機子電流が増大し、電機子電流の増大によってマグネットトルクとリラクタンストルクとの両方が大きくなる効果の方が大きい。
- [0039] その一方で、磁力線誘導部分37aが存在することは、弱め界磁制御を可能にする点で重要である。弱め界磁制御が可能であることにより、ロータ32の回転数が高い場合にも、高い出力トルクが出力可能である。
- [0040] このように、永久磁石39, 40の埋め込み深さが浅い構造の採用により、IPMモータ7は、広い回転数範囲にわたって、体積あたりの出力トルクが大きい。これは、IPMモータ7が、小型であり、且つ、出力が大きいという要求を満足できることを意味している。このような特性を有するIPMモータ7は、図1の構成において駆動輪9を駆動するために使用されるのに好適である。
- [0041] 以上に説明されているように、本実施の形態では、駆動インバータ6とモータ7と減速ギア8とを、一の駆動輪9に対して一つずつ用意することにより、トランスミッション機構及びディファレンシャル機構が不要化されている。これにより、駆動輪9を駆動する駆動系のエネルギー効率が向上されている。かかる構成の採用に伴ってモータ7には小型且つ高出力という要求が課せられるが、この要求は、モータ7として永久磁石39, 40の埋め込み深さが浅い図3のIPMモータを採用することによって満足させることができる。
- [0042] 実施の第2形態：
- 本発明の実施の第2形態では、図5に示されているように、5相発電機3の代わりに

3相発電機3'が使用され、5相ダイオード整流器4の代わりに3相ダイオード整流器4'が使用される。3相ダイオード整流器4'は、相数が異なる(即ち、整流アームの数が異なる)点以外、5相ダイオード整流器4と同一の構成を有している。

- [0043] 既述されているように、3相ダイオード整流器4'が出力する出力電圧V_oの適切な調整は、バッテリー5の保護のために重要である。実施の第1形態の5相ダイオード整流器4と同様に、3相ダイオード整流器4'は、それ自体には出力電圧V_oの調整機能を有しないから、出力電圧V_oの調節の機構が別途に必要である。
- [0044] 本実施の形態では、短絡スイッチ20の代わりに3相発電機3'の電機子巻線の結線をスター結線からデルタ結線に切り替える切り替え機構が設けられる。これにより、3相ダイオード整流器4'から出力される出力電圧V_oが調節される。
- [0045] 図6は、3相発電機3'と、その結線を切り替える切り替え機構の構成を概略的に示している。3相発電機3'は、R相端子21r、S相端子21sと、T相端子21tと、X端子22xと、Y端子22yと、Z端子22zとを有している。3相発電機3'の3つの電機子巻線(いずれも図示されない)のうちの一の電機子巻線は、R相端子21rとX端子22xとの間に介設され、他の一の電機子巻線はS相端子21sとY端子22yとの間に介設され、残りの一の電機子巻線はT相端子21tとZ端子22zとの間に介設されている。R相端子21r、S相端子21s、及びT相端子21tは、それぞれ、U相端子23u、V相端子23v、及びW相端子23wに接続されている。3相発電機3'は、U相端子23u、V相端子23v、及びW相端子23wを介して、3相交流電圧を3相ダイオード整流器4'に供給する。
- [0046] 切り替え機構は、スタースイッチ24₁～24₃と、デルタスイッチ25₁～25₃とを備えている。スタースイッチ24₁、24₂、24₃は、中性点26を、それぞれ、X端子22x、Y端子22y、及びZ端子22zに接続するために設けられている。デルタスイッチ25₁はZ端子22zとU相端子23uとの間に介設され、デルタスイッチ25₂はX端子22xとV相端子23vとの間に介設され、デルタスイッチ25₃は、Y端子22yとW相端子23wとの間に介設されている。
- [0047] 本実施の形態では、スタースイッチ24₁～24₃及びデルタスイッチ25₁～25₃のターンオン及びターンオフによって、3相発電機3'が出力する3相交流電圧が調整され、

これにより、3相ダイオード整流器4'の出力電圧V_oも調整される。エンジン2の回転数の上昇によるバッテリー5の過充電が防がれている。以下、スタースイッチ24₁～24₃及びデルタスイッチ25₁～25₃の動作が詳細に説明される。

- [0048] エンジン2の回転数が低いときには、スタースイッチ24₁～24₃がターンオンされ、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオフされる。これにより、3相発電機3'の電機子巻線は、スター結線で結線される。
- [0049] エンジン2の回転数が所定の第1回転数n₁を超えると、スタースイッチ24₁～24₃がターンオフされるとともに、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオンされる。これにより、3相発電機3'の電機子巻線は、スター結線からデルタ結線に切り替えられる。3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線に切り替えられることにより、U相端子23u、V相端子23v、及びW相端子23wに現れる3相交流電圧の相間電圧は、 $1/\sqrt{3}$ 倍になる。これにより、3相ダイオード整流器4'の出力電圧V_oが低下される。
- [0050] より好適には、スター結線からデルタ結線への切り替えは、以下の手順で行われる；エンジン2の回転数が低いときには、3相発電機3'の電機子巻線がスター結線で接続される。即ち、デルタスイッチ25₁～25₃がターンオンされ、スタースイッチ24₁～24₃がターンオフされる。エンジン2の回転数を制御する制御装置によってエンジン2の回転数が第1回転数n₁を超えようとすることが検知されると、エンジン2の回転数は、制御装置によって第2回転数n₃まで減少される。この結果、3相発電機3'の出力電圧は、バッテリー5の電圧より低下される。これにより、3相発電機3'からバッテリー5及び駆動用インバータ6に、3相発電機3'から電力が供給されなくなる。このときには、駆動用インバータ6にはバッテリー5のみから電力が供給され、モータ7は、バッテリー5からの電力で駆動される。続いて、3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線に切り替えられ、更に、制御装置により、エンジン2の回転数が、第1回転数n₁を超えて第2回転数n₂ ($>n_1$)まで増加される。この後、3相発電機3'は、再度、バッテリー5及び駆動用インバータ6に電力を供給する。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。
- [0051] 一方、制御装置によってエンジン2の回転数が第2回転数n₂から減少して第1回転数n₁になろうとすることが検知されると、エンジン2の回転数は、第1回転数n₁よりも低

い第4回転数 n_4 まで下げられる。続いて、3相発電機3'の電機子巻線がデルタ結線からスター結線に切り替えられる。即ち、スタースイッチ $24_1 - 24_3$ がターンオンされるとともに、デルタスイッチ $25_1 - 25_3$ がターンオフされる。この後、制御装置により、エンジン2の回転数は、第4回転数 n_4 から第1回転数 n_1 に増加される。この手順により、エンジン2の負荷が急激に変動することを避けることができる。また、スタースイッチ $24_1 - 24_3$ 、及びデルタスイッチ $25_1 - 25_3$ が、バッテリー5、および駆動用インバータ6に電力を供給する間にターンオフされることはなくなり、これらのスイッチには、遮断電流能力が必要なくなる。これは、スイッチの小型化の点で好適である。また、スタースイッチ $24_1 - 24_3$ 、及びデルタスイッチ $25_1 - 25_3$ が電力を遮断することができないため、これらのスイッチの高寿命化を図ることができる。

[0052] 以上に説明されているように、本実施の形態の発電系では、インバータの代わりに3相ダイオード整流器4'が使用され、これにより、エネルギー効率が向上されている。5相ダイオード整流器4'が、その出力電圧 V_o の調整機能を有しないという問題は、3相発電機3'の電機子巻線の結線が、スター結線とデルタ結線とで切り替え可能であることによって回避されている。

請求の範囲

- [1] エンジンと、
前記エンジンによって駆動されるn相発電機と、
前記n相発電機から送られるn相交流電圧から直流電圧を生成する整流器と、
前記直流電圧によって充電されるバッテリーと、
駆動輪を駆動するモータと、
前記整流器から供給される前記直流電圧及び／又は前記バッテリーから供給される直流電圧を用いて前記モータを駆動するインバータと、
スイッチ
とを含み、
前記n相発電機は、それらの一端が共通の中性点に接続されたn個の電機子巻線を備え、
前記整流器は、
負極端子と、
前記負極端子よりも高い電位が発生される正極端子と、
n本の整流アーム
とを備え、
前記n本の整流アームのそれぞれは、
前記電機子巻線の他端に接続された中間ノードと前記負極端子との間に接続された第1ダイオードと、
前記中間ノードと前記正極端子との間に接続された第2ダイオード
とを具え、
前記スイッチは、前記中性点と前記負極端子との間に接続された
シリーズハイブリッド電気自動車。
- [2] 請求項1に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記スイッチは、前記エンジンの回転数に応答して、前記中性点と前記負極端子とを電気的に接続し、又は切り離す
シリーズハイブリッド電気自動車。

- [3] 請求項2に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
更に、前記エンジンのエンジン回転数を制御する制御手段を含み、
前エンジン回転数が増加して第1回転数を超えるようとするとき、前記制御手段は、前
記エンジン回転数を前記第1回転数より低い第3回転数まで下げ、前記スイッチは、
前記中性点と前記負極端子とを電気的に接続し、その後、前記制御手段は、前記エ
ンジン回転数を前記第1回転数よりも高い第2回転数に増加する
シリーズハイブリッド電気自動車。
- [4] 請求項3に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、
前記エンジン回転数が前記第2回転数より減少して前記第1回転数になろうとする
とき、前記制御手段は、前記エンジンの回転数を前記第1回転数よりも低い第4回転
数まで下げ、前記スイッチは、前記中性点と前記負極端子とを電気的に切り離し、そ
の後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第1回転数まで上昇させる
シリーズハイブリッド電気自動車。
- [5] エンジンと、
前記エンジンによって駆動される3相発電機と、
前記3相発電機から送られる3相交流電圧から直流電圧を生成する整流器と、
前記直流電圧によって充電されるバッテリーと、
駆動輪を駆動するモータと、
前記整流器から供給される前記直流電圧、及び／又は前記バッテリーから供給さ
れる直
流電圧を用いて前記モータを駆動するインバータと、
スターデルタ切り替え機構
とを含み、
前記3相発電機は、3個の電機子巻線を備え、
前記スターデルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を、スター結線とデルタ結線と
のうちの一方の結線態様で接続する
シリーズハイブリッド電気自動車。
- [6] 請求項5に記載のシリーズハイブリッド電気自動車において、

前記スター・デルタ切り替え機構は、前記エンジンの回転数に応答して、前記電機子巻線を、前記スター結線と前記デルタ結線とのうちの一方の結線態様で接続するシリーズ・ハイブリッド電気自動車。

- [7] 請求項6に記載のシリーズ・ハイブリッド電気自動車において、
前記エンジンの回転数が増加して第1回転数を超えるとするとき、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第1回転数より低い第3回転数まで下げ、前記スター・デルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を前記デルタ結線で接続しその後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第1回転数よりも高い第2回転数に増加するシリーズ・ハイブリッド電気自動車。

- [8] 請求項7に記載のシリーズ・ハイブリッド電気自動車において、
前記エンジン回転数が前記第2回転数より減少して前記第1回転数になろうとするとき、前記制御手段は、前記エンジンの回転数を前記第1回転数よりも低い第4回転数まで下げ、前記スター・デルタ切り替え機構は、前記電機子巻線を前記スター結線で接続し、その後、前記制御手段は、前記エンジン回転数を前記第1回転数まで上昇させる
シリーズ・ハイブリッド電気自動車。

- [9] 請求項1乃至請求項8のいずれか一に記載のシリーズ・ハイブリッド電気自動車において、

前記駆動輪と前記モータとはいずれも複数であり、
前記モータは、前記駆動輪をそれぞれに駆動し、
前記モータのそれぞれは、
対応する前記駆動輪に連結されたロータと、
同一円周上に等間隔に配置された複数のスロットを有するステータとを備え、

前記ロータは、
ロータ鉄心と、
界磁を構成する永久磁石
とを含み、

前記ロータは、前記ステータに対向するロータ側面を有し、
前記永久磁石は、前記ロータの半径方向の外側に磁極面を有し、
前記磁極面の上の点から前記ロータ側面の距離の最大値xは、前記ロータ鉄心の
半径r

と、前記界磁の極数 n_1 とを用いて表された下記式：

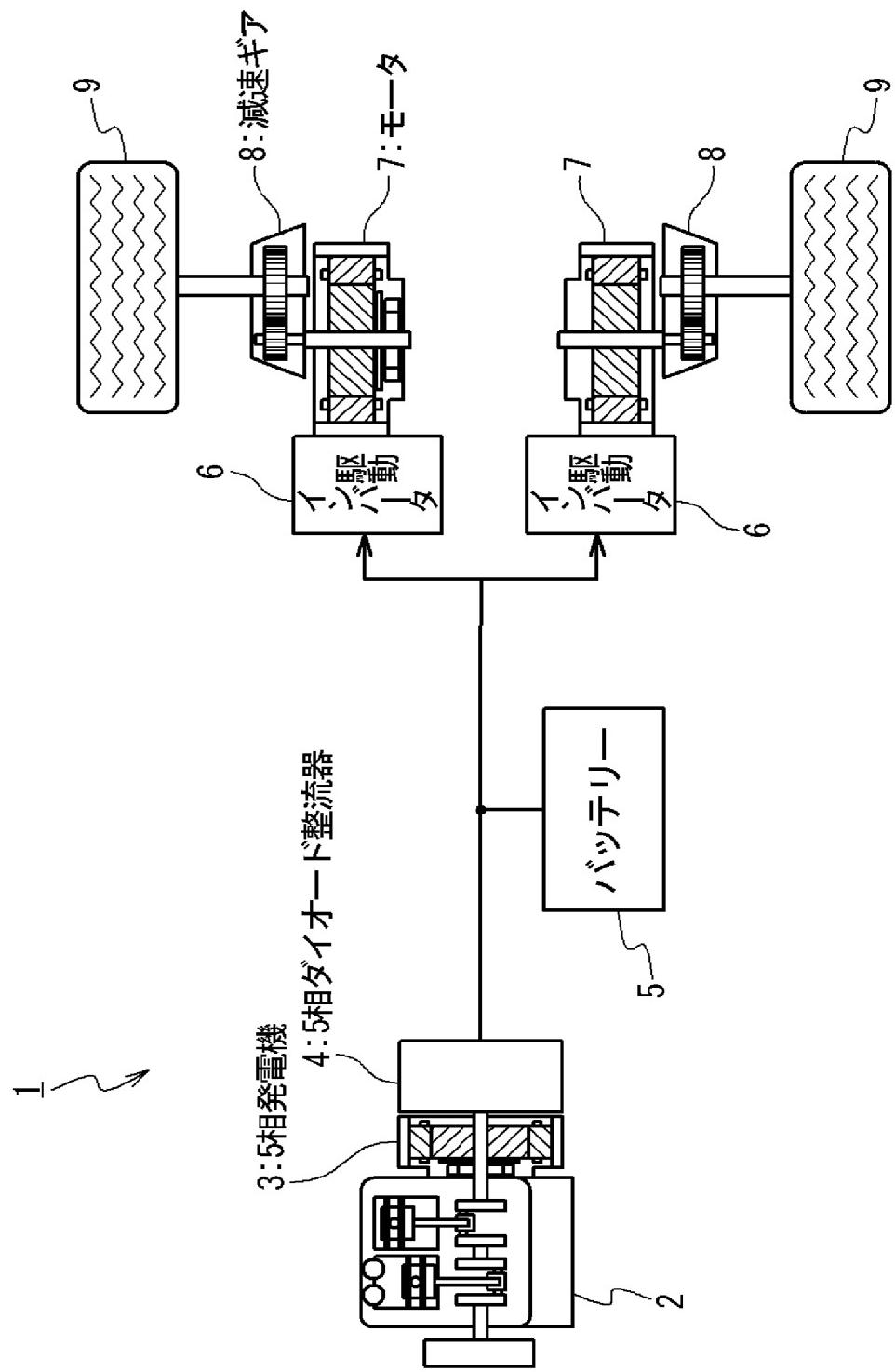
$$x \leq D / 10,$$

$$D = 2\pi r / n_1$$

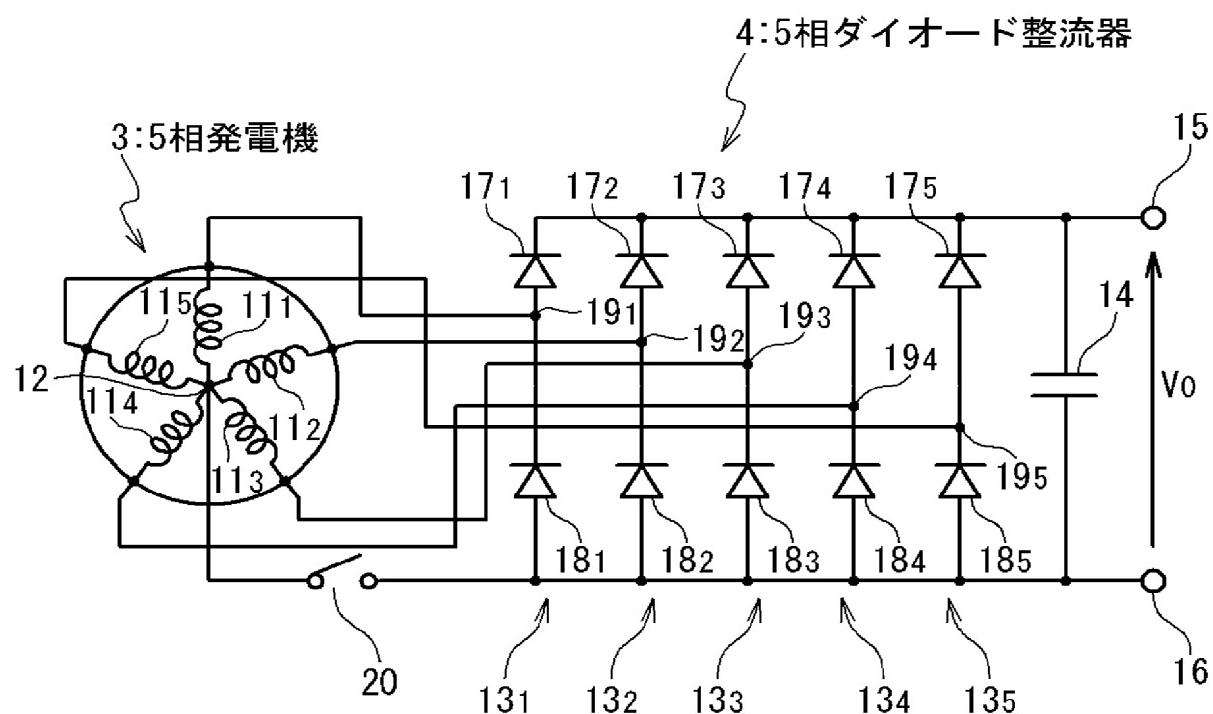
を満足する

シリーズハイブリッド電気自動車。

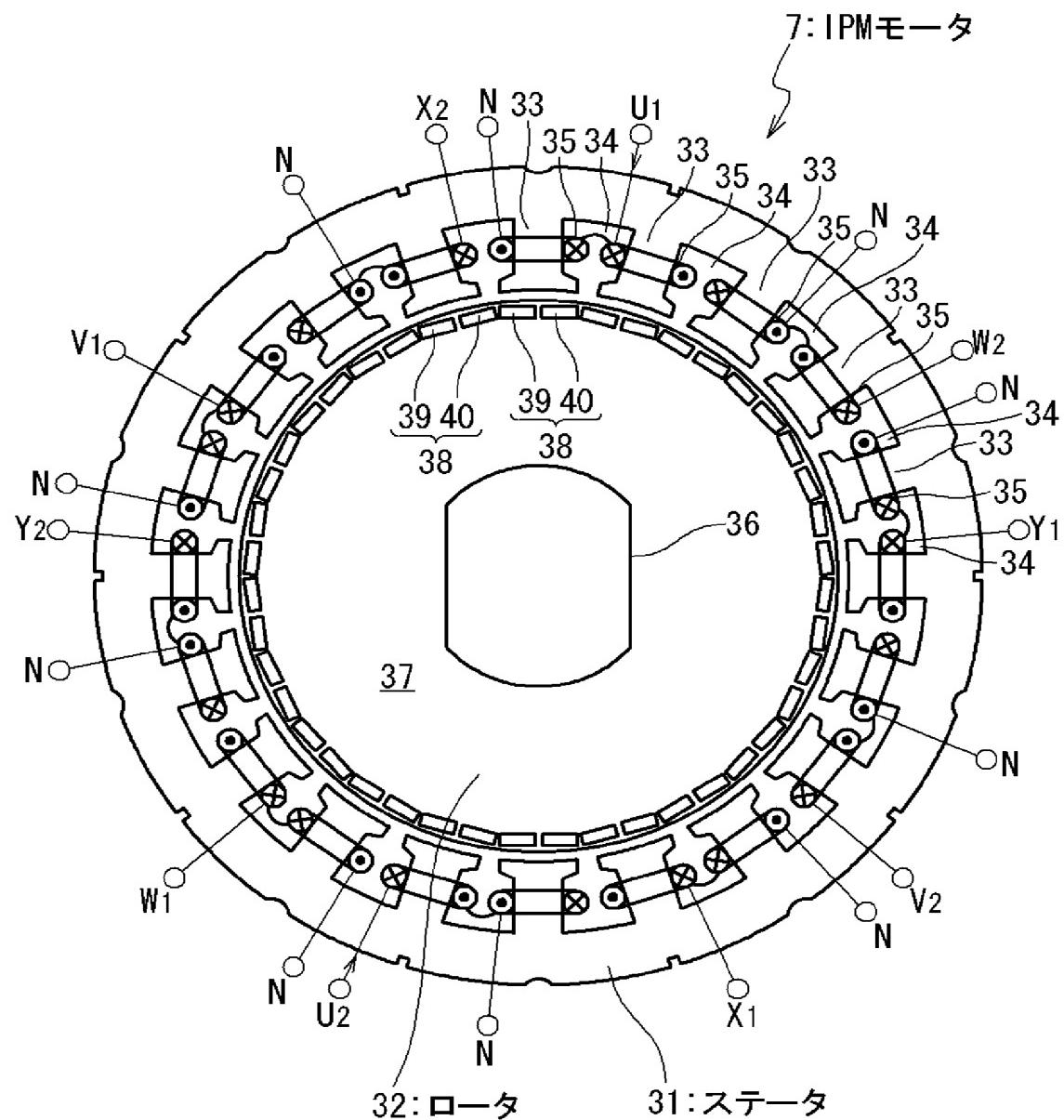
[図1]



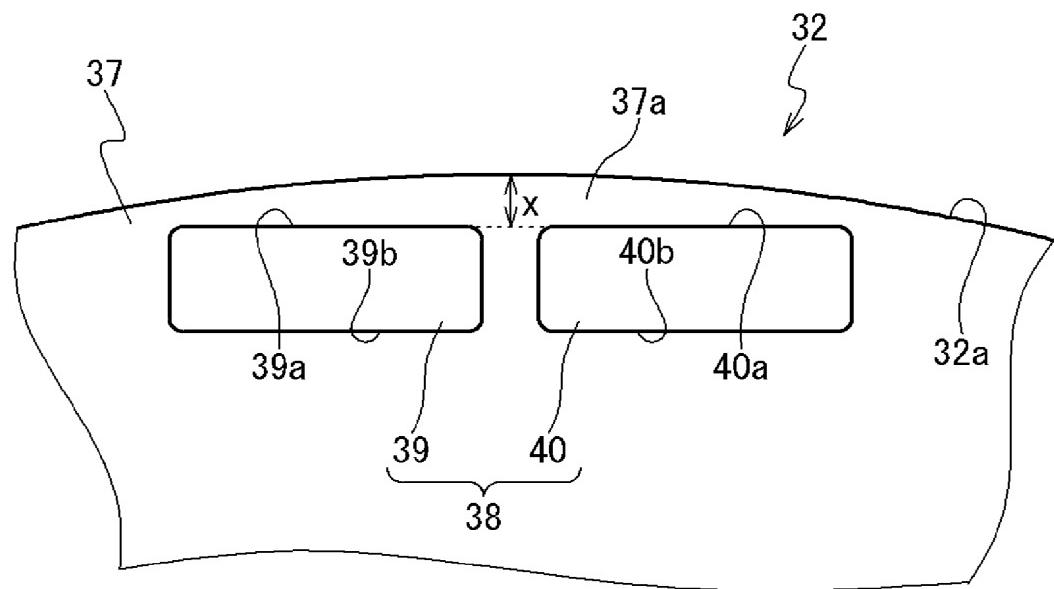
[図2]



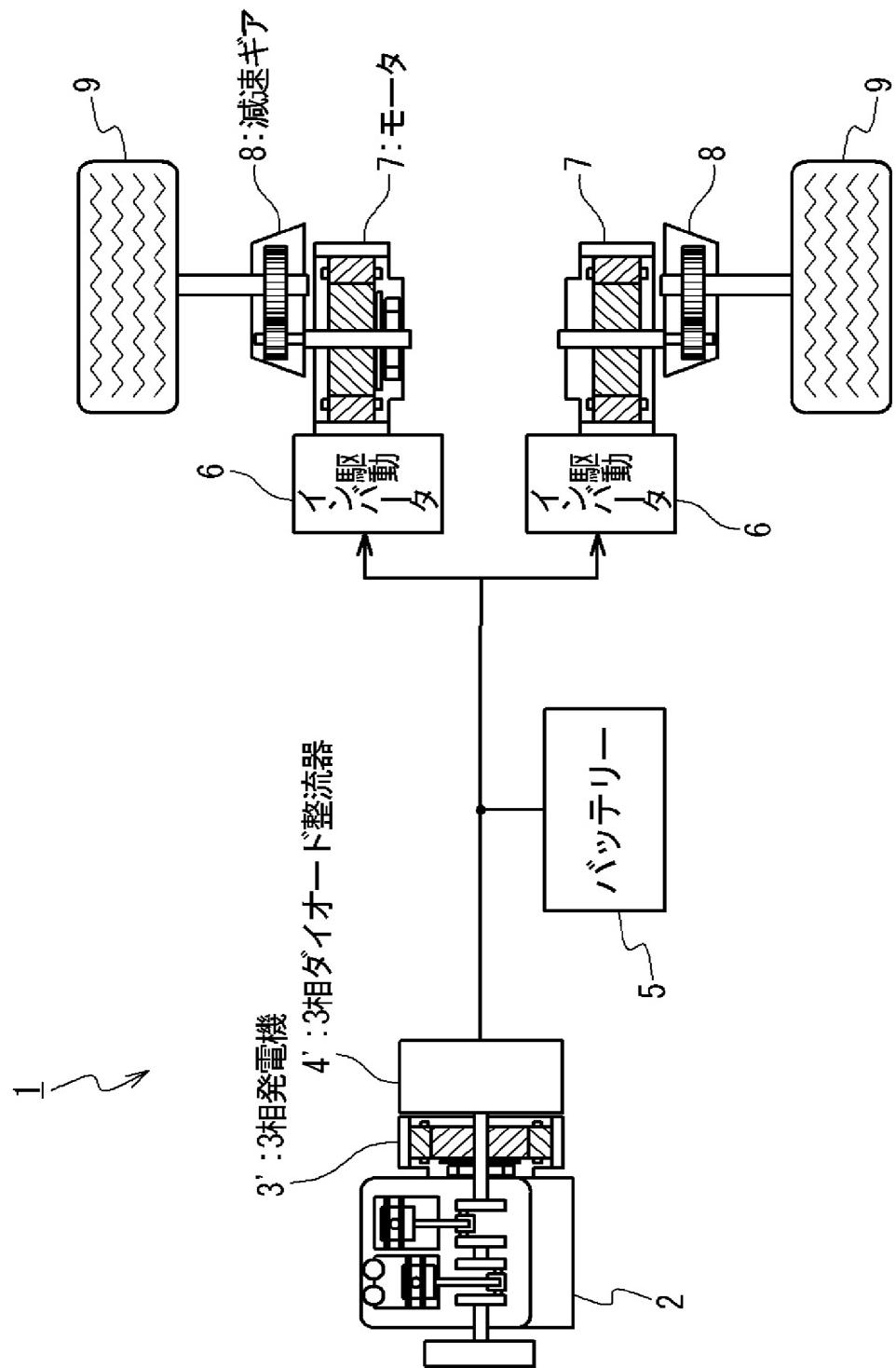
[図3]



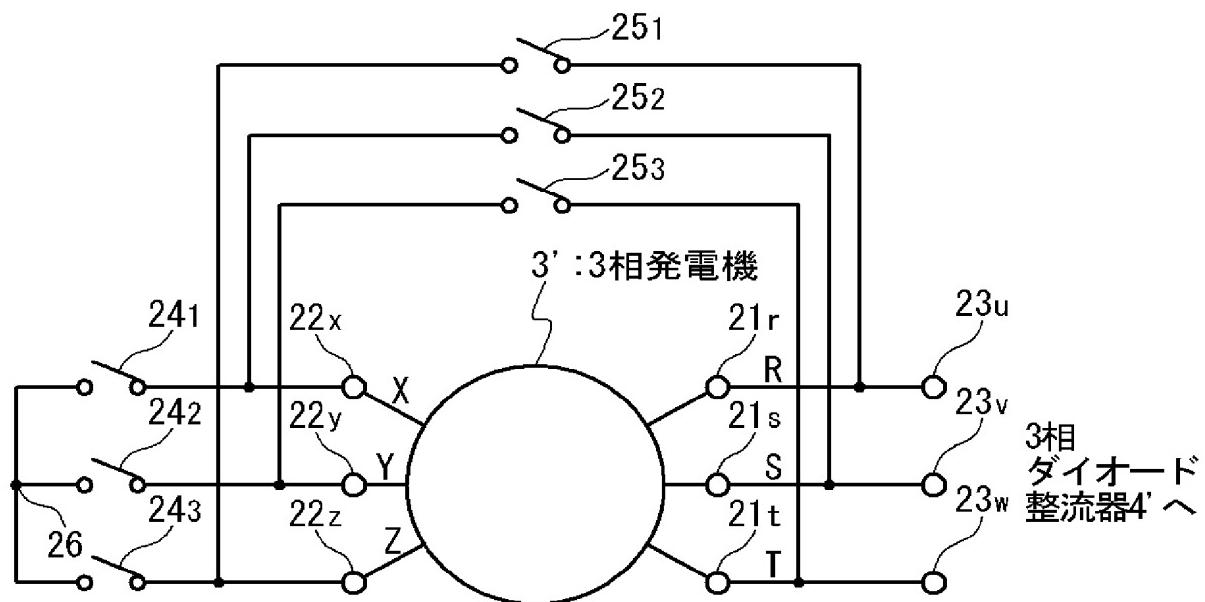
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ B60L11/12, B60K6/04, F02D29/06, 45/00, H02K21/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ B60L11/12, B60K6/04, F02D29/06, 45/00, H02K21/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-313505 A (Hino Motors, Ltd.), 24 November, 1998 (24.11.98), Full text (Family: none)	1,2,5,6,9
Y	JP 54-77909 A (Hitachi, Ltd.), 21 June, 1979 (21.06.79), Full text (Family: none)	1,2,9
Y	JP 52-106414 A (Nippondenso Co., Ltd.), 07 September, 1977 (07.09.77), Full text (Family: none)	1,2,9

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
06 April, 2005 (06.04.05)

Date of mailing of the international search report
19 April, 2005 (19.04.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000189

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 51-127410 A (Nippondenso Co., Ltd.) , 04 November, 1976 (04.11.76) , Full text (Family: none)	5, 6, 9
Y	JP 3-37000 A (Aisin Seiki Co., Ltd.) , 18 February, 1991 (18.02.91) , Full text (Family: none)	5, 6, 9
A	JP 2001-145395 A (Kokusan Denki Kabushiki Kaisha) , 25 May, 2001 (25.05.01) , Full text (Family: none)	1-4, 9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
Int.Cl.⁷ B60L11/12, B60K6/04, F02D29/06, 45/00, H02K21/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
Int.Cl.⁷ B60L11/12, B60K6/04, F02D29/06, 45/00, H02K21/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-313505 A (日野自動車工業株式会社) 24. 11. 1998, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 5, 6, 9
Y	JP 54-77909 A (株式会社日立製作所) 21. 06. 1979, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 9
Y	JP 52-106414 A (日本電装株式会社) 07. 09. 1977, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 - 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 - 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
 - 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 - 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願
- の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06. 04. 2005

国際調査報告の発送日

19. 4. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

長馬 望

3H 9236

電話番号 03-3581-1101 内線 3316

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 51-127410 A (日本電装株式会社) 04. 11. 1976, 全文 (ファミリーなし)	5, 6, 9
Y	J P 3-37000 A (アイシン精機株式会社) 18. 02. 1991, 全文 (ファミリーなし)	5, 6, 9
A	J P 2001-145395 A (国産電機株式会社) 25. 05. 2001, 全文 (ファミリーなし)	1-4, 9